

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 月 3 1 日
Date of Application:

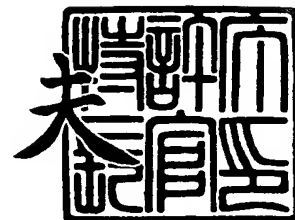
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 2 4 6 1 2
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 2 4 6 1 2]

出 願 人 株 式 会 社 デ ン ソ ー
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 2 2 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫





【書類名】 特許願

【整理番号】 PSN866

【提出日】 平成15年 1月31日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01S 13/34
B60R 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

【氏名】 公文 宏明

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

【氏名】 玉津 幸政

【特許出願人】

【識別番号】 000004260

【氏名又は名称】 株式会社デンソー

【代理人】

【識別番号】 100106149

【弁理士】

【氏名又は名称】 矢作 和行

【電話番号】 052-220-1100

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010331

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要



【書類名】 明細書

【発明の名称】 車両用レーダ装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 連続的に周波数が変化するように周波数変調された送信信号を送信する送信手段と、

所定の間隔を持って配置され、前記送信信号が対象物により反射された場合に、その反射波を受信して受信信号を発生する複数の受信手段と、

前記複数の受信手段が発生する複数の受信信号と前記送信信号との周波数の差に相当するビート信号をそれぞれ発生するビート信号発生手段と、

前記ビート信号発生手段によって発生される少なくとも 1 つのビート信号のピーク周波数を抽出するとともに、そのピーク周波数における各ビート信号の位相差を周波数信号に変換する変換手段と、

前記変換手段によって変換された周波数信号のピーク周波数の強度が所定の強度に達していない場合、前記対象物を近距離路面あるいは雨滴であると判定する判定手段とを備えることを特徴とする車両用レーダ装置。

【請求項 2】 前記判定手段は、前記所定の強度を、前記ビート信号のピーク周波数の強度を基準として設定することを特徴とする請求項 1 に記載の車両用レーダ装置。

【請求項 3】 前記判定手段は、前記所定の強度を、前記各ビート信号のピーク周波数の強度を平均化した平均強度を基準として設定することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の車両用レーダ装置。

【請求項 4】 前記送信信号は、所定の周波数範囲において周波数が上昇する上昇部及びその周波数が下降する下降部からなり、

前記変換手段は、前記ビート信号のピーク周波数として、前記送信信号の上昇部及び下降部のそれぞれにおいて上昇部ピーク周波数及び下降部ピーク周波数を抽出し、その上昇部ピーク周波数及び下降部ピーク周波数における各ビート信号の位相差を上昇部周波数信号及び下降部周波数信号に変換し、

前記判定手段は、前記上昇部周波数信号の上昇部ピーク周波数の強度が、前記ビート信号の上昇部ピーク周波数の強度を基準とする所定の強度に達しておらず



、かつ前記下降部周波数信号の下降部ピーク周波数の強度が、前記ビート信号の下降部ピーク周波数の強度を基準とする所定の強度に達していない場合、前記対象物を近距離路面あるいは雨滴であると判定することを特徴とする請求項2または請求項3に記載の車両用レーダ装置。

【請求項5】 前記判定手段は、前記ビート信号のピーク周波数が所定の低周波領域に発生した場合にのみ、前記周波数信号のピーク周波数の強度と前記所定の強度との対比判定処理を行なうことを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の車両用レーダ装置。

【請求項6】 車両の走行速度を検出する速度検出手段を備え、
前記判定手段は、前記低周波領域の範囲を前記速度検出手段によって検出される走行速度に応じて変化させることを特徴とする請求項4に記載の車両用レーダ装置。

【請求項7】 前記変換手段は、前記各ビート信号に対して周波数解析を行なうことにより各周波数の強度を算出し、その算出した各周波数の強度を前記各ビート信号で平均化した結果から、前記ビート信号のピーク周波数を抽出することを特徴とする請求項1乃至請求項6のいずれかに記載の車両用レーダ装置。

【請求項8】 前記判定手段は、所定の周期で繰り返し前記周波数信号のピーク周波数の強度と前記所定の強度との対比判定処理を行ない、複数回の対比判定結果に基づいて、前記対象物を近距離路面もしくは雨滴と判定することを特徴とする請求項1乃至請求項7のいずれかに記載の車両用レーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レーダ波の送受信により車両の周囲に存在する対象物を検出する車両用レーダ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来より、車両用レーダ装置として、例えば図7(a)に示すように、三角波状の周波数が漸次増減する送信信号 f_s をレーダ波として送信し、対象物により

反射されたレーダ波を受信して受信信号 f_r を発生する FMCW 方式のレーダ装置が知られている（例えば特許文献 1 参照）。このレーダ装置においては、受信信号 f_r を送信信号 f_s とミキシングすることにより、図 7（b）に示すように送信信号 f_s と受信信号 f_r との周波数の差に相当する周波数 f_{bu} 、 f_{bd} を求める。すなわち、送信信号 f_s と受信信号 f_r との周波数の差信号（ビート信号）に対して信号処理器等を用いて周波数解析を行ない、送信信号 f_s の周波数が増加する上昇部及び周波数が減少する下降部の区間毎に、上昇部ピーク周波数 f_{bu} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd} を抽出する。

【0003】

ここで、図 7（a）に示すように、レーダ装置を取り付けた車両と、レーダ波を反射する対象物との移動速度が等しい（相対速度 $V = 0$ ）場合、対象物で反射したレーダ波は、対象物との間の距離 D を往復に要する時間だけ遅延する。この場合、受信信号 f_r は、送信信号 f_s からその遅延時間分だけ時間軸に沿ってシフトしたものとなるとともに、上昇部ピーク周波数 f_{bu} と下降部ピーク周波数 f_{bd} とは等しく（ $f_{bu} = f_{bd}$ ）なる。

【0004】

一方、レーダ装置を取り付けた車両と対象物との移動速度が異なる（相対速度 $V \neq 0$ ）場合、対象物で反射したレーダ波は、対象物との相対速度 V に応じたドップラシフトを受ける。このため、受信信号 f_r は、対象物との距離 D に応じた遅延時間のシフトに加え、相対速度 V によるドップラシフトの分だけ、周波数軸に沿ってシフトしたものとなる。この場合、上昇部ピーク周波数 f_{bu} と下降部ピーク周波数 f_{bd} とは異なったもの（ $f_{b1} \neq f_{b2}$ ）となる。

【0005】

このように、受信信号 f_r は、対象物との距離 D 及び相対速度 V に応じて、時間軸及び周波数軸方向にシフトされる。換言すれば、送信信号 f_s と受信信号 f_r との時間軸における周波数の差は対象物との距離 D に対応し、周波数軸における周波数の差は相対速度 V に対応する。それぞれの周波数は、下記の数式 1 及び数式 2 から求めることができる。

【0006】



【数 1】

距離 D に対応する周波数 $f_b = (|f_{bu}| + |f_{bd}|) / 2$

【0 0 0 7】

【数 2】

相対速度 V に対応する周波数 $f_d = (|f_{bu}| - |f_{bd}|) / 2$

すなわち、距離 D 及び相対速度 V に対応する周波数 f_b 、 f_d は上昇部ピーク周波数 f_{bu} と下降部ピーク周波数 f_{bd} から求めることができる。そして、これらの距離 D 及び相対速度 V に対応する周波数 f_b 、 f_d から以下の数式 3 及び数式 4 によって、対象物との距離 D 及び相対速度 V を算出することが出来る。

【0 0 0 8】

【数 3】

$$D = \{ C / (4 \times \Delta F \times f_m) \} \times f_b$$

【0 0 0 9】

【数 4】

$$V = \{ C / (2 \times f_0) \} \times f_d$$

なお、 ΔF は送信信号 f_s の周波数変調幅、 f_0 は送信信号 f_s の中心周波数、 f_m は繰り返し周波数、 C は光速を表す。

【0 0 1 0】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 1 - 1 6 6 0 4 2 号公報

【0 0 1 1】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、レーダ装置が物体を検知可能な検知範囲は、その送信アンテナによるレーダ波の照射方向、すなわち送信アンテナの指向性に依存する。従って、レーダ波が、垂直方向及び水平方向に所望の幅を有するように、送信アンテナの指向性が決定される。例えば、垂直方向の指向性は、車両がピッチ方向に上下したり、道路が常にレーダ波に対して並行ではないことを考慮し、ある程度の幅を持つように決定される。

【0 0 1 2】

しかしながら、送信アンテナが決定された指向性を有するように設計されても、図 8 に示すように、狙いとする照射範囲以外の方向にも微小ではあるがレーダ波が放射される。このようなレーダ波が至近距離路面によって反射されると、その反射波がレーダ装置の受信アンテナによって受信される。すなわち、受信アンテナは、先行車両等の前方の対象物からの反射波以外にも、至近距離路面からの反射波も受信する。

【 0 0 1 3 】

この至近距離の路面からの反射波による受信信号も、車両と路面との距離及び相対速度によってシフトされ、送信信号と受信信号との周波数の差が変化する。図 9 (a) 及び図 9 (b) に示すように、自車両が停止しており、路面との相対速度がゼロの場合は、送信信号 f_s と受信信号 f_{r1} とから形成されるビート信号の上昇部ピーク周波数 f_{bu1} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd1} は、至近距離路面からの反射であるためともに同一の低周波数となる ($f_{bu1} = f_{bd1}$)。

【 0 0 1 4 】

一方、車両が走行して、至近距離路面からの反射波がドップラシフトを受けると、その受信信号 f_{r2} は、図 9 (a) に示すように、送信信号 f_s の上昇部を超える位置までシフトされる。この結果、図 9 (c) に示すように、上昇部ピーク周波数は、負の周波数 f_{bu2} になるとともに、上昇部ピーク周波数 f_{bu2} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd2} とも、その大きさが大きくなる。

【 0 0 1 5 】

ここで、レーダ装置においては、常に送信アンテナから受信アンテナへのレーダ波の回り込みがあるため、図 1 0 (a) に示すように、極低周波数域における受信強度（受信パワー）が最も大きくなる。そして、車両の停止時に、至近距離路面から反射された反射波による受信信号は、この極低周波数域における受信強度に埋もれてしまい、周波数解析等の信号処理を行っても検知されることはない。

【 0 0 1 6 】

ところが、車両が走行すると、上述したように至近距離路面からの反射波によ

る受信信号 f_{r2} がドップラシフトされるため、図 10 (b) に示すようにビート信号の上昇部ピーク周波数 f_{bu2} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd2} とも、極低周波数域から移動する。このとき、上昇部ピーク周波数 f_{bu2} は負の周波数となるが、レーダ装置における、周波数解析等の信号処理においては、負の周波数は符号が逆転して処理されてしまい、正の周波数として算出される。

【0017】

レーダ装置としては、至近距離路面を対象物として検出すべきではない。従って、至近距離路面によって生じたピーク周波数 f_{bu2} 、 f_{bd2} に基づいて対象物を求めた場合、対象物を誤って検出してしまう。

【0018】

同様に、雨が降っている場合にも、その雨滴による反射波をレーダ装置が受信するので、その雨滴による反射波から対象物を誤検出する可能性が生じる。特に、雨滴による反射波の受信信号は、至近距離路面の反射波の受信信号よりも受信強度が高い傾向があるので、より誤検出が発生しやすくなる。

【0019】

図 11 (a)、(b)、(c) に車両停止時、乾いた路面の走行時、及び降雨走行時の、ビート信号の周波数上昇部及び周波数下降部におけるビート信号の各周波数成分の強度を表したパワースペクトルを示す。図 11 (a)、(b) から理解されるように、車両停止時には、存在しないピーク周波数が、車両の走行によって低周波数領域に出現する。さらに、図 11 (c) に示すように、降雨走行時には、より大きなピーク強度を持ったピーク周波数が低周波数領域に出現する。

【0020】

このような問題に対して、高周波通過フィルタを用いて低周波数域にあるピーク周波数を遮断する方法も提案されているが、これでは、車両の至近距離に存在する対象物を検知することができないという問題がある。

【0021】

本発明は、上記の点に鑑みてなされたものであり、至近距離路面や雨滴からの反射波のみを確実に判別することが可能な車両用レーダ装置を提供することを目

的とする。

【0022】

【発明を解決するための手段】

上記目的を達成するために請求項1に記載の車両用レーダ装置は、
連続的に周波数が変化するように周波数変調された送信信号を送信する送信手段と、

所定の間隔を持って配置され、送信信号が対象物により反射された場合に、その反射波を受信して受信信号を発生する複数の受信手段と、

複数の受信手段が発生する複数の受信信号と送信信号との周波数の差に相当するビート信号をそれぞれ発生するビート信号発生手段と、

ビート信号発生手段によって発生される少なくとも1つのビート信号のピーク周波数を抽出するとともに、そのピーク周波数における各ビート信号の位相差を周波数信号に変換する変換手段と、

変換手段によって変換された周波数信号のピーク周波数の強度が所定の強度に達していない場合、対象物を近距離路面あるいは雨滴であると判定する判定手段とを備えることを特徴とする。

【0023】

上述したように、請求項1に記載の車両用レーダ装置では複数の受信手段を備え、これら複数の受信手段によって対象物によって反射された反射波を受信して受信信号を発生する。ここで、反射波の到来方向が、複数の受信手段の正面方向から傾いている場合、各受信手段までの反射波の伝播距離が異なる。そのため、同一の対象物からの反射波に対して複数の受信手段によって発生される受信信号には位相差が生じることになる。一方、反射物が近距離路面や雨滴である場合には、反射波は特定の方角から到来するのではなく、レーダ装置の前方の広い範囲から到来することになる。従って、反射物が至近距離路面や雨滴である場合、受信信号には特定の方位に対応する位相差は発生しない。

【0024】

請求項1に記載の車両用レーダ装置では、上述した点に着目して、至近距離路面や雨滴による反射波による受信信号を識別することとした。すなわち、複数の

受信手段が発生する複数の受信信号と送信信号との周波数の差に相当するビート信号をそれぞれ発生させ、少なくとも 1 つのビート信号のピーク周波数を抽出するとともに、そのピーク周波数における各ビート信号の位相差を周波数信号に変換する。このとき、反射波が特定の方角から到来したのであれば、ピーク周波数における各ビート信号の位相差には、規則性があり、その規則性を有する位相差を周波数信号に変換した場合には、その周波数信号において位相差に対応する周波数にピークが生じることになる。逆に、至近距離路面や雨滴によって反射された反射波の場合、各ビート信号の位相差は不規則であり、周波数信号における周波数のピーク強度は、上述の場合に比較して低下する。

【 0 0 2 5 】

そのため、変換手段によって変換された周波数信号のピーク周波数の強度が、所定の強度に達していない場合には、至近距離路面もしくは雨滴による反射であると判定することができるのである。

【 0 0 2 6 】

請求項 2 に記載の車両用レーダ装置では、判定手段が、所定の強度を、ビート信号のピーク周波数の強度を基準として設定することを特徴とする。周波数信号は、各ビート信号のピーク周波数における位相差から算出されるものであるため、その周波数信号のピーク周波数の強度は、元のビート信号のピーク周波数強度の影響を受けるためである。

【 0 0 2 7 】

そして、ビート信号のピーク周波数の強度を基準として所定の強度を設定する場合には、請求項 3 に記載したように、各ビート信号のピーク周波数の強度を平均化した平均強度を基準として所定の強度を設定することが好ましい。理論的には、同一の反射信号であれば、各受信手段において同じ強度の受信信号が発生するはずである。しかし、実際には、各受信手段における受信アンテナの性能等が微妙に異なる場合があるため、必ずしも受信信号の強度は同一とならない。このため、所定強度の設定を高精度に行なうために、各ビート信号のピーク周波数の強度を平均化した平均強度を基準として所定の強度を設定することが好ましい。

【 0 0 2 8 】

また、請求項 4 に記載したように、送信信号は、所定の周波数範囲において周波数が上昇する上昇部及びその周波数が下降する下降部からなり、

変換手段は、ビート信号のピーク周波数として、送信信号の上昇部及び下降部のそれぞれにおいて上昇部ピーク周波数及び下降部ピーク周波数を抽出し、その上昇部ピーク周波数及び下降部ピーク周波数における各ビート信号の位相差を上昇部周波数信号及び下降部周波数信号に変換し、

判定手段は、上昇部周波数信号の上昇部ピーク周波数の強度が、ビート信号の上昇部ピーク周波数の強度を基準とする所定の強度に達しておらず、かつ下降部周波数信号の下降部ピーク周波数の強度が、ビート信号の下降部ピーク周波数の強度を基準とする所定の強度に達していない場合、対象物を近距離路面あるいは雨滴であると判定することが好ましい。このようにすれば、変換された周波数信号の周波数ピークが所定の強度に達しているか否かを、上昇部周波数ピークと下降部周波数ピークとから判定できるので、その判定精度を向上することができる。

そして、上昇部周波数ピーク及び下降部周波数ピークがともに所定の強度に達していないときのみ、至近距離路面や雨滴による反射と判定することにより、確実に至近距離路面や雨滴からの反射を識別することができる。

【 0 0 2 9 】

請求項 5 に記載したように、判定手段は、ビート信号のピーク周波数が所定の低周波領域に発生した場合にのみ、周波数信号のピーク周波数の強度と所定の強度との対比判定処理を行なうことが好ましい。至近距離路面や雨滴からの反射波によるビート信号のピーク周波数は、至近距離路面や雨滴までの距離が短いため、低周波領域に現れる。このため、ビート信号のピーク周波数が所定の低周波領域に発生した場合にのみ、判定手段が対比判定処理を行なえば、その対比判定処理を必要時に限定して行なうことができるので、処理負荷を軽減することができる。

【 0 0 3 0 】

請求項 5 に記載した所定の低周波領域は、請求項 6 に記載したように、車両の走行速度に応じて変化させることが好ましい。車両の走行速度によって至近距離

路面や雨滴とのドップラシフト量が変化し、それによってビート信号のピーク周波数も変化するためである。

【 0 0 3 1 】

請求項 7 に記載の車両用レーダ装置では、変換手段が、各ビート信号に対して周波数解析を行なうことにより各周波数の強度を算出し、その算出した各周波数の強度を各ビート信号で平均化した結果から、ビート信号のピーク周波数を抽出することを特徴とする。

【 0 0 3 2 】

同一の対象物によって反射された反射波を複数の受信手段が受信し、その受信信号からビート信号が算出された場合、全てのビート信号は、全て同じ周波数にピーク周波数が生じる。従って、複数のビート信号の少なくとも 1 つのビート信号にピーク周波数が発生していれば、他のビート信号にも同様のピーク周波数が発生していると推測することも可能である。

【 0 0 3 3 】

しかしながら、実際には、各ビート信号には異なるノイズが重畳されるので、各ビート信号の周波数成分は異なる。また、至近距離路面や雨滴からの反射の場合、車両の前方の広い領域から反射波が到来するため、ピーク周波数自体にもずれが生じる場合がある。

【 0 0 3 4 】

そこで、請求項 7 に記載のレーダ装置では、各ビート信号の各周波数強度を平均化し、その結果からビート信号のピーク周波数を抽出することとした。これにより、ノイズはランダムであるため、平均化処理によりノイズ成分の強度はピーク周波数の強度に対して小さくなり、S/N 比を向上することができる。従って、ビート信号のピーク周波数を高精度に抽出することができる。

【 0 0 3 5 】

請求項 8 に記載した車両用レーダ装置では、判定手段が、所定の周期で繰り返し周波数信号のピーク周波数の強度と所定の強度との対比判定処理を行ない、複数回の対比判定結果に基づいて、対象物を近距離路面もしくは雨滴と判定することを特徴とする。

【0036】

至近距離路面や雨滴からの反射であっても、ノイズ等の影響により、周波数信号のピーク周波数の強度が所定強度を超える場合がありえる。そのため、ノイズ等の影響による誤判定を防止するために、上述したように、複数回の対比判定処理結果に基づいて対象物を近距離路面もしくは雨滴と判定することが好ましいのである。

【0037】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を、図面を参照して説明する。図1は、本実施形態における車両用レーダ装置の全体構成を表すブロック図である。

【0038】

図1に示すように、本実施形態のレーダ装置2は、送信アンテナASを介してミリ波帯のレーダ波を送信する送信器4を備えている。この送信器4は時間に対して周波数が漸増、漸減を繰り返すように変調されたミリ波帯の高周波信号を生成する高周波発信器12と、高周波発信器12の出力を送信信号 f_s とローカル信号Lとに電力分配する分配器14から構成される。そして、送信信号 f_s は、送信アンテナASに供給され、ローカル信号Lは、受信器6へ供給される。

【0039】

また、本実施形態のレーダ装置2は、先行車両等の対象物によって反射されたレーダ波（以下、反射波）を受信する、一列に等間隔で配列された9個の受信アンテナAR1～AR9を備えている。反射波が9個のアンテナAR1～AR9で受信されると、各アンテナAR1～AR9はその反射波に応じた受信信号 f_{r1} ～ f_{r9} を発生し、受信器6に与える。

【0040】

受信器6は、各アンテナAR1～AR9に対応して、受信信号 f_{r1} ～ f_{r9} とローカル信号Lとをミキシングして、これらの信号の差の周波数に相当するビート信号B1～B9を生成する9個のミキサMX1～MX9と、各ミキサMX1～MX9で発生されたビート信号B1～B9をそれぞれ増幅する9個の増幅器AMP1～AMP9を備えている。なお、増幅器AMP1～増幅器9は、ビート信

号B1～B9から不要な高周波成分を除去するフィルタ機能も有している。

【0041】

増幅器AMP1～AMP9によって増幅されたビート信号B1～B9は、A/D変換部8に与えられる。A/D変換部8は、ビート信号B1～B9をそれぞれサンプリングしてデジタルデータD1～D9に変換する9個のA/D変換器AD1～AD9を備えている。A/D変換器AD1～AD9によって変換された各ビート信号B1～B9のデジタルデータD1～D9は、マイクロコンピュータ10に与えられ、各種の信号処理に用いられる。

【0042】

マイクロコンピュータ10は、CPU、ROM、RAMを中心に構成され、A/D変換部8からのデジタルデータD1～D9に基づき、対象物が至近距離路面や雨滴であるか否かを判定する判定処理や、先行車両等の対象物との距離、相対速度、方位の検出を行なう検出処理を実行する。さらに、マイクロコンピュータ10は、それらの処理を行なう際にデジタルデータD1～D9に対して高速フーリエ変換（FFT）処理を実行するためのデジタルシグナルプロセッサ等を備えている。

【0043】

このように構成された車両レーダ装置2においては、図7（a）に示すように、周波数変調された連続波（FMCW）であるレーダ波が、送信器4によって送信アンテナASを介して送信される。そのレーダ波が先行車両等の対象物によって反射されると、その反射波が各受信アンテナAR1～AR9にて受信される。そのとき、各受信アンテナAR1～AR9にて発生される受信信号は、受信器6のミキサMX1～MX9にてローカル信号Lと混合されることにより、各受信信号とローカル信号L（送信信号 f_r ）との差の周波数成分に相当するビート信号B1～B9が生成される。なお、各A/D変換器AD1～AD9は、送信信号 f_s の周波数変動周期の半周期毎、つまり、周波数が漸増する周波数上昇部及び周波数が漸減する周波数下降部毎に、ビート信号B1～B9を所定回数ずつサンプリングしてA/D変換する。これにより、図7（b）に示すように、周波数上昇部及び周波数下降部とでそれぞれビート信号が生成される。

【0044】

次に、マイクロコンピュータ 10 にて実行される対象物が至近距離路面や雨滴であるか否かを判定する判定処理、及び対象物との距離、相対速度、方位を検出する検出処理を、図 2 に示すフローチャート及び図 3 (a) ~ (e) の波形図を参照して説明する。なお、このフローチャートに示す処理は、所定周期ごとに繰り返し実行される。

【0045】

まず、対象物が至近距離路面や雨滴であるか否かを判定する原理について説明する。図 4 に示すように、先行車両等の対象物によって反射された反射波の到来方向が、アンテナ AR 1 ~ AR 9 の正面方向から傾いている場合、各アンテナ AR 1 ~ AR 9 までの反射波の伝播距離が異なる。そのため、アンテナ AR 1 ~ AR 9 の正面方向と反射波の到来方向との角度差（対象物の方位）に応じて、反射波が各アンテナ AR 1 ~ AR 9 に達する時間に時間差が生じる。反射波の到達時間の差は、受信信号（ビート信号 B 1 ~ B 9）における位相差として現れる。

【0046】

一方、レーダ波が近距離路面や雨滴で反射した場合には、反射波は特定の方角から到来するのではなく、レーダ装置 2 の前方の広い範囲から到来することになる。従って、レーダ波が至近距離路面や雨滴で反射した場合には、受信信号（ビート信号 B 1 ~ B 9）には特定の方位に対応する位相差は発生しない。

【0047】

本実施形態におけるレーダ装置 2 は、このような点に着目して、至近距離路面や雨滴による反射波を識別することとした。具体的には、後述する周波数解析処理（距離 FFT, 方位 FFT）を実施することにより、各ビート信号 B 1 ~ B 9 の位相差を周波数信号に変換する。このとき、反射波が特定の方角から到来したのであれば、各ビート信号 B 1 ~ B 9 の位相差には、規則性があり、その規則性を有する位相差を周波数信号に変換した場合には、変換された周波数信号において位相差に対応する周波数にピークが生じることになる。逆に、至近距離路面や雨滴によって反射された反射波の場合、各ビート信号 B 1 ~ B 9 の位相差は不規則であり、変換された周波数信号における周波数のピーク強度は、上述の場合に

比較して低下する。

【0048】

従って、変換された周波数信号のピーク周波数の強度に基づいて、至近距離路面もしくは雨滴による反射波であるのか、先行車両等の対象物からの反射であるのかを判定することができる。

【0049】

以下、対象物が至近距離路面や雨滴であるか否かを判定するための処理について、図2のフローチャートに基づいて具体的に説明する。

【0050】

まず、ステップS100において、先行車両等の対象物により反射したレーダ波を受信することにより受信器6から出力されるビート信号B1～B9のデジタルデータD1～D9が、それぞれ周波数上昇部及び周波数下降部において所定個数ずつ読み込まれ、RAMに一時保存される。図3(a)は、ビート信号B1～B9の一例を示すものである。

【0051】

続くステップS110では、RAMに保存された各デジタルデータD1～D9に対して周波数解析処理（距離FFT）を実行する。この距離FFTの結果として、ビート信号B1～B9の各周波数毎の複素ベクトルが得られる。この複素ベクトルの絶対値は、対応する各周波数の振幅（強度）を示すものである。すなわち、距離FFTによって、例えば図3(b)に示すように、各ビート信号B1～B9に対して、周波数ごとの強度を示したスペクトルデータが得られる。なお、この距離FFTは、周波数上昇部におけるビート信号B1～B9と周波数下降部におけるビート信号B1～B9に対して、別個に行なわれる。

【0052】

次にステップS120では、周波数スペクトルデータから、そのスペクトル上でピークとなる全ての周波数成分を抽出して、その周波数をピーク周波数として特定する。なお、このピーク周波数の抽出においては、図3(c)に示すように、各ビート信号B1～B9に対して算出された周波数スペクトルデータを平均化処理し、その平均化したスペクトルデータから、ビート信号B1～B9の共通の

ピーク周波数を抽出する。

【0 0 5 3】

図3 (a)、(b)では省略しているが、各ビート信号B 1～B 9には異なるノイズが重畳されており、また、至近距離路面や雨滴からの反射の場合、車両の前方の広い領域から反射波が到来するため、ピーク周波数自体にもずれが生じる場合がある。そのため、上記のように各ビート信号B 1～B 9の各周波数成分の強度を示すスペクトルデータを平均化し、その結果から共通のピーク周波数を抽出する。これにより、ノイズはランダムであるため、平均化処理によりノイズ成分の強度はピーク周波数の強度に対して小さくなり、S/N比を向上することができる。なお、理論的には、同一の対象物によって反射された反射波を受信した場合、各ビート信号B 1～B 9は同じ周波数にピーク周波数成分を有する。このため、少なくとも1つのビート信号B 1～B 9のスペクトルデータを求め、そのスペクトルデータからピーク周波数を抽出し、他のビート信号B 1～B 9にも同様のピーク周波数が発生していると推測しても良い。

【0 0 5 4】

このようなステップS 1 2 0の処理により、各ビート信号B 1～B 9から、共通の上昇部ピーク周波数 f_{bu} と下降部ピーク周波数 f_{bd} が抽出される。なお、ピーク周波数の検出方法としては、例えば、周波数に対する振幅の変化量を順次求め、その前後にて変化量の符号が反転する周波数にピークがあるものとして、その周波数をピーク周波数として特定すれば良い。

【0 0 5 5】

ステップS 1 3 0では、上昇部ピーク周波数 f_{bu} と下降部ピーク周波数 f_{bd} が所定の低周波数領域に属するか否かを判定する。この処理は、上昇部ピーク周波数 f_{bu} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd} が、至近距離路面や雨滴による反射波に基づいて発生した可能性があるか否かを判定するものである。すなわち、至近距離路面や雨滴による反射波に基づく上昇部ピーク周波数 f_{bu} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd} は、レーダ装置2と至近距離路面、雨滴との距離が短いため、ドップラシフトを受けた場合でも、低周波数領域に現れることになる。

【0 0 5 6】

従って、上昇部ピーク周波数 f_{bu} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd} の発生した周波数帯から、明らかに至近距離路面、雨滴以外の対象物からの反射波に基づいて発生した上昇部、下降部ピーク周波数 f_{bu} 、 f_{bd} を層別できる。

【0057】

なお、所定の低周波領域は、車両の走行速度に応じて変更することが望ましい。車両の走行速度が高くなるほど、ドップラシフトによる周波数変化が大きくなるためである。従って、車両の走行速度が高まるほど、低周波領域の範囲を高周波側に拡大することが好ましい。

【0058】

上昇部ピーク周波数 f_{bu} と下降部ピーク周波数 f_{bd} が所定の低周波数領域に属しないと判定された場合には、ステップ S170 に進んで、上昇部ピーク周波数 f_{bu} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd} に基づいて、対象物との距離 D 、相対速度 V 、及び対象物の方位 θ を算出する。なお、対象物との距離 D 及び相対速度 V の算出方法は従来と同様であるため、説明を省略する。また、対象物の方位 θ の算出方法は後述する。

【0059】

ステップ S130 にて、上昇部ピーク周波数 f_{bu} と下降部ピーク周波数 f_{bd} が所定の低周波数領域に属すると判定された場合には、ステップ S140 に進む。ステップ S140 では、図 3 (d) に示すように、上昇部及び下降部ピーク周波数 f_{bu} 、 f_{bd} を持つ周波数信号（ビート周波数信号 $BF1 \sim BF9$ ）を各ビート信号 $B1 \sim B9$ から取り出して、これらのビート周波数信号 $BF1 \sim BF9$ の位相差を周波数に変換するために、さらに周波数解析処理（方位 FFT）を行なう。なお、図 3 (d) では、上昇部及び下降部ピーク周波数 f_{bu} 、 f_{bd} を持つ周波数信号の内の 1 つのみを図示している。

【0060】

この方位 FFT では、9 個のビート周波数信号 $BF1 \sim BF9$ の位相差の変化量を周波数に変換する。例えばビート周波数信号 $BF1$ の位相を基準とし、左回りを正方向に取った場合に、隣接するアンテナ間において、各ビート周波数信号 $BF1 \sim BF9$ の位相がそれぞれ左回りに 30 度づつずれている場合を想定する

。この場合、アンテナ 9 個分の回転速度 ($30 \times 9 = 270$ 度) が周波数となる。換言すれば、位相が一回転 (360 度) するのに、何個分のアンテナを要したかを周波数として表すのである。

【0061】

従って、各ビート周波数信号 B F 1 ~ B F 9 の位相差がすべてゼロである場合には、周波数は 0 H z、右回りに位相がずれていれば、負の周波数として算出される。

【0062】

このように、位相差を周波数に変換するためには、各ビート周波数信号 B F 1 ~ B F 9 の位相差 (複素数によって表される) に対して高速フーリエ変換 (方位 F F T) を行なえば良い。この方位 F F T によって位相差を周波数に変換すると、対象物の方位に対応する周波数にピーク周波数 (位相ピーク周波数) が存在する周波数スペクトルが算出される。例えば、図 3 (e) は、各ビート周波数信号 B F 1 ~ B F 9 の位相差がすべてゼロであり、0 H z にピークが生ずる周波数スペクトルが得られた場合を示している。

【0063】

ここで、上述したように、レーダ波が近距離路面や雨滴で反射した場合には、反射波は特定の方角から到来するものではないため、各ビート周波数信号 B F 1 ~ B F 9 は特定の方角に対応する位相差を持たない。従って、各ビート周波数信号 B F 1 ~ B F 9 の位相差に対して方位 F F T を行なった場合、特定の周波数にピークが発生することはない。

【0064】

対象物が先行車両である場合と、対象物が雨滴である場合の、周波数ピークの相違を図 5 (a)、(b)、(c) に示す。なお、図 5 (a) は、周波数上昇部及び周波数下降部の各ビート信号 B 1 ~ B 9 に対して算出された周波数スペクトルデータを平均化処理した平均スペクトルデータを示すものであり、図 5 (b) は雨滴による反射波によって生じた上昇部ピーク周波数 f b u 3 及び下降部ピーク周波数 f b d 3 を持つ各ビート周波数信号 B F 1 ~ B F 9 の位相差に対して方位 F F T を行った結果 (周波数スペクトルデータ) を示し、図 5 (c) は先行車

両による反射波によって生じた上昇部ピーク周波数 f_{bu4} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd4} を持つ各ビート周波数信号 $BF1 \sim BF9$ の位相差に対して方位 FFT を行った結果（周波数スペクトルデータ）を示す。

【0065】

図5（b）及び図5（c）から明らかなように、雨滴による反射の場合、方位 FFT によるスペクトルデータには明確な位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ が存在していないのに対し、先行車両による反射の場合、同一の周波数において上昇部及び下降部の位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ が生じている。

【0066】

位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ を含む方位 FFT によるスペクトルデータにおける各周波数の強度は、その算出の元となった上昇部ピーク周波数 f_{bu3} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd3} の強度の影響を受ける。従って、上昇部ピーク周波数 f_{bu3} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd3} の強度に基づいてそれぞれ基準値を設定し、その基準値と位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ とを比較することにより、明確な位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ が発生しているか否かを判定することができる。

【0067】

なお、基準値を設定する際に用いる上昇部ピーク周波数 f_{bu3} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd3} の強度は、少なくとも1つのビート信号 $B1 \sim B9$ の周波数スペクトルデータから求めても良いが、ノイズ等の影響を低減するため、平均化処理された周波数スペクトルデータから求めることが好ましい。

【0068】

特に、本実施形態においては、明確な位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ とみなせる強度が、上昇部ピーク周波数 f_{bu3} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd3} のそれぞれの強度に一致するように、方位 FFT が算出するスペクトルデータの強度を設定している。このため、ステップ S150 においては、位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ の強度と上昇部ピーク周波数 f_{bu3} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd3} の強度とをそれぞれ比較する。そして、位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ の強度が上昇部ピーク周波数 f_{bu3} の強度より大きいのか、もしくは位相ピーク周波数 f_{θ

dの強度が下降部ピーク周波数 f_{bd3} の強度よりも大きい場合には、少なくとも位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ の一方は、強度条件を満たしているので、明確な位相ピーク周波数が存在するとみなす。この場合、その位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ に対応する方位に存在する先行車両等の対象物について、距離D、相対速度V、方位 θ を算出するためにステップS170に進む。なお、方位 θ は、上述した位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ に基づいて、ステップS170において算出される。

【0069】

一方、ステップS150において、位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ の強度が上昇部ピーク周波数 f_{bu3} の強度以下であり、かつ位相ピーク周波数 $f_{\theta d}$ の強度が下降部ピーク周波数 f_{bd3} の強度以下と判定された場合には、位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ が強度条件を満たしていないため、ステップS160に進む。ステップS160では、反射波を生じた対象物を至近距離路面もしくは雨滴と判定し、この対象物との距離等を算出することなく、処理を終了する。

【0070】

以上説明したように、本実施形態による車両用レーダ装置2によれば、車両の至近距離に存在する対象物からの反射波と、至近距離路面や雨滴からの反射波とを確実に判別することが可能になる。

【0071】

なお、本発明による車両用レーダ装置は、上述した実施形態に制限されることなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々変形して実施することが可能である。

【0072】

例えば、上述した実施形態では、図2のフローチャートのステップS150において、位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ の強度が上昇部ピーク周波数 f_{bu3} の強度以下であり、かつ位相ピーク周波数 $f_{\theta d}$ の強度が下降部ピーク周波数 f_{bd3} の強度以下である場合に、至近距離路面や雨滴による反射と判定した。しかし、位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ のいずれかが強度条件を満たさない場合、至近距離路面や雨滴による反射と判定しても良い。

【0073】

また、図6 (a) に示すように、至近距離路面や雨滴による反射の場合であっても、位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ の強度が上昇部ピーク周波数 f_{bu3} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd3} を超える場合もある。また、図6 (b) に示すように、先行車両による反射の場合であっても、位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ の強度が上昇部ピーク周波数 f_{bu4} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd4} より小さくなる場合もある。なお、図6 (a)、(b) における横軸は、位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ の強度から上昇部ピーク周波数 f_{bu3} 、 f_{bu4} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd3} 、 f_{bd4} の強度を減算した強度の差であり、単位は db である。

【0074】

従って、位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ の強度と上昇部ピーク周波数 f_{bu3} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd3} の強度との比較処理を複数回実施し、その複数回の比較処理結果に基づいて、対象物が至近距離路面や雨滴であると判定しても良い。

【0075】

さらに、明確な位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ が発生する場合には、周波数の上昇部に対応する位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ と下降部に対応する位相ピーク周波数 $f_{\theta d}$ が一致する。この関係を利用して、位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ の強度とともに、もしくは単独で、周波数の上昇部に対応する位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ と下降部に対応する位相ピーク周波数 $f_{\theta d}$ が一致しているか否かによって、至近距離路面や雨滴による反射と判定しても良い。

【0076】

また、上述した実施形態では、位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ の強度を、上昇部ピーク周波数 f_{bu3} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd3} の強度と対比判定していた。しかしながら、至近距離路面や雨滴による反射が生じた場合の強度を実験的に予め算出し、その算出した強度（一定値、もしくは速度に応じた可変値）を記憶し、この記憶した強度と位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ の強度とを比較しても良い。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本実施形態における車両用レーダ装置の全体構成図を表すブロック図である。

【図 2】 マイクロコンピュータ 10 にて実行される、対象物が至近距離路面や雨滴であるか否かを判定する判定処理、及び対象物との距離、相対速度、方位を検出する検出処理を示すフローチャートである。

【図 3】 (a) は、ビート信号 B 1 ～ B 9 を示す波形図であり、(b) は各ビート信号 B 1 ～ B 9 の周波数ごとの強度を表すスペクトルデータを示す波形図であり、(c) は各ビート信号 B 1 ～ B 9 のスペクトルデータを平均化処理した、平均化スペクトルデータを示す波形図であり、(d) は上昇部及び下降部ピーク周波数を持つビート周波数信号 B F 1 ～ B F 9 を示す波形図であり、(e) はビート周波数信号 B F 1 ～ B F 9 の位相差がゼロである場合に、その位相差を周波数に変換した周波数スペクトルデータを示す波形図である。

【図 4】 反射波を発生した対象物が至近距離路面や雨滴であるか否かを判定する原理について説明する説明図である。

【図 5】 (a) は、周波数上昇部及び周波数下降部の各ビート信号 B 1 ～ B 9 に対して算出された周波数スペクトルデータを平均化処理した平均スペクトルデータの一例を示す波形図であり、(b) は雨滴による反射波によって生じた上昇部ピーク周波数 f_{bu3} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd3} を持つ各ビート周波数信号 B F 1 ～ B F 9 の位相差に対して位相 FFT を行った結果（周波数スペクトルデータ）を示す波形図であり、(c) は先行車両による反射波によって生じた上昇部ピーク周波数 f_{bu4} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd4} を持つ各ビート周波数信号 B F 1 ～ B F 9 の位相差に対して位相 FFT を行った結果（周波数スペクトルデータ）を示す波形図である。

【図 6】 (a) は至近距離路面や雨滴による反射において、位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ と上昇部、下降部ピーク周波数 f_{bu3} 、 f_{bd3} との強度の差の分布を示すグラフであり、(b) は、先行車両による反射における、位相ピーク周波数 $f_{\theta u}$ 、 $f_{\theta d}$ と上昇部、下降部ピーク周波数 f_{bu4} 、 f_{bd4} との強度の差の分布を示すグラフである。

【図 7】従来の FMCW 方式のレーダ装置における対象物の検出原理について説明するものであり、(a) は送信信号 f_s 及び受信信号 f_r を示すグラフであり、(b) は送信信号 f_s と受信信号 f_r との周波数の差に相当するビート周波数を示すグラフである。

【図 8】レーダ波の放射方向を説明する説明図である。

【図 9】(a) は、車両停止時と車両走行時における受信信号の周波数シフト量の違いを示す波形図であり、(b) は車両停止時における上昇部ピーク周波数 f_{bu1} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd1} を示す波形図であり、(c) は車両走行時における上昇部ピーク周波数 f_{bu2} 及び下降部ピーク周波数 f_{bd2} を示す波形図である。

【図 10】(a) 車両停止時における、ビート信号の周波数スペクトルデータを示すグラフであり、(b) は車両走行時における、周波数スペクトルデータを示すグラフである。

【図 11】(a) 車両停止時における、ビート信号の周波数スペクトルデータを示すグラフであり、(b) は車両走行時における、至近距離路面からの反射波に基づく上昇部及び下降部ピーク周波数を示した周波数スペクトルデータを示すグラフであり、(c) は降雨走行時における、雨滴からの反射波に基づく上昇部及び下降部ピーク周波数を示した周波数スペクトルデータを示すグラフである。

【符号の説明】

2 レーダ装置

4 送信器

6 受信器

8 A/D 変換部

10 マイクロコンピュータ

12 高周波発信機

14 電力分配器

AS 送信アンテナ

AR1～AR9 受信アンテナ

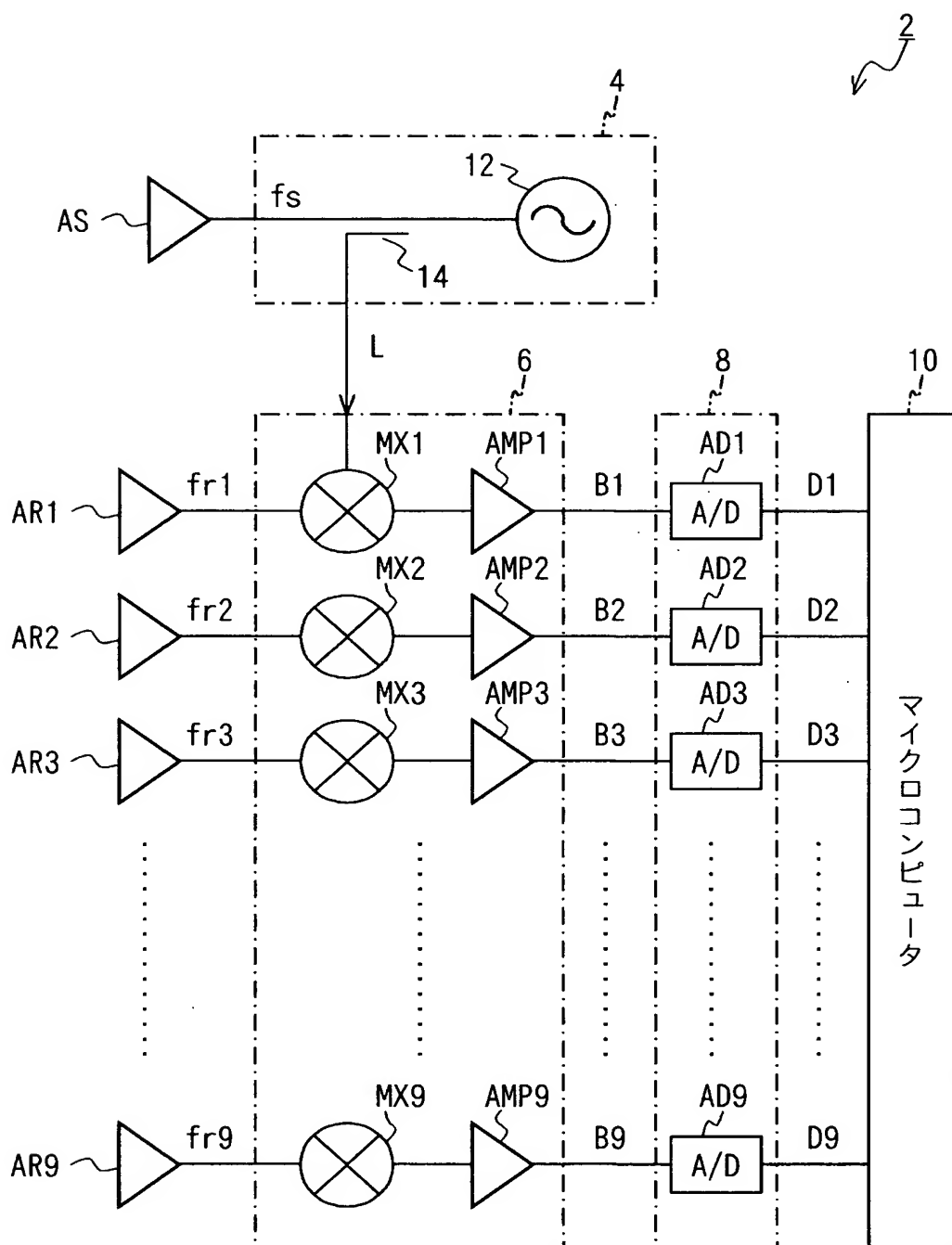
AMP 1 ~ AMP 9 増幅器

MX 1 ~ MX 9 ミキサ

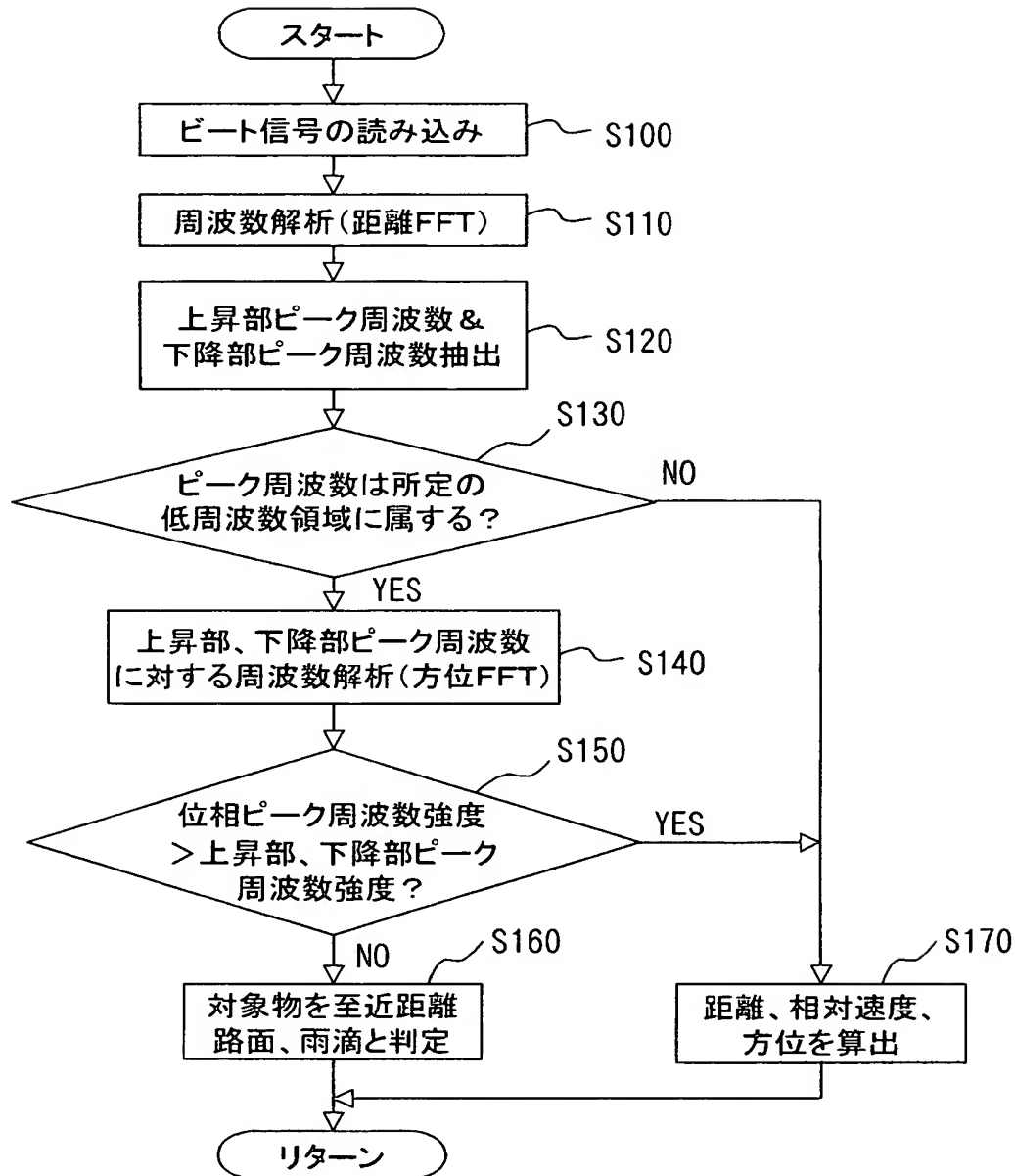
AD 1 ~ AD 9 A/D変換器

【書類名】 図面

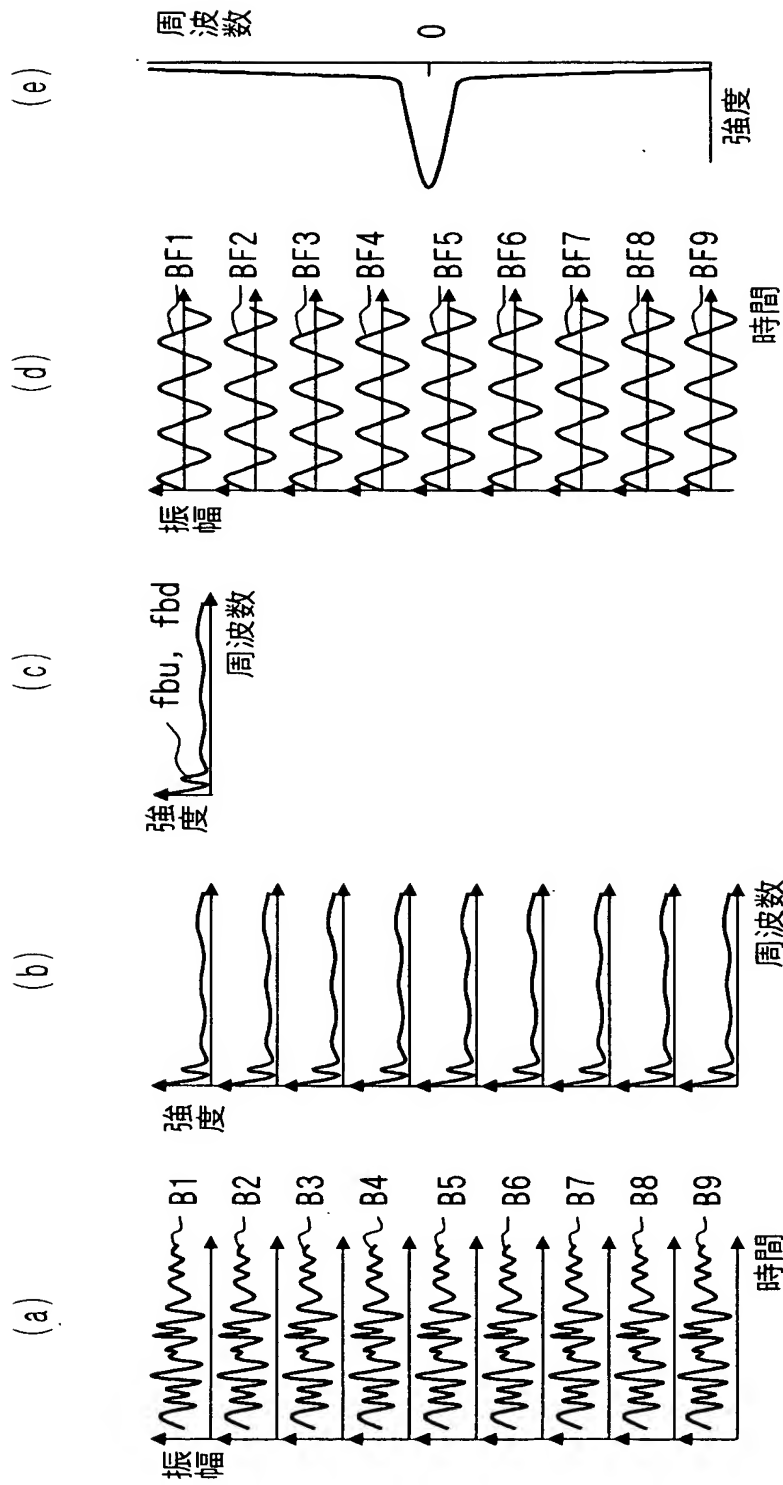
【図 1】



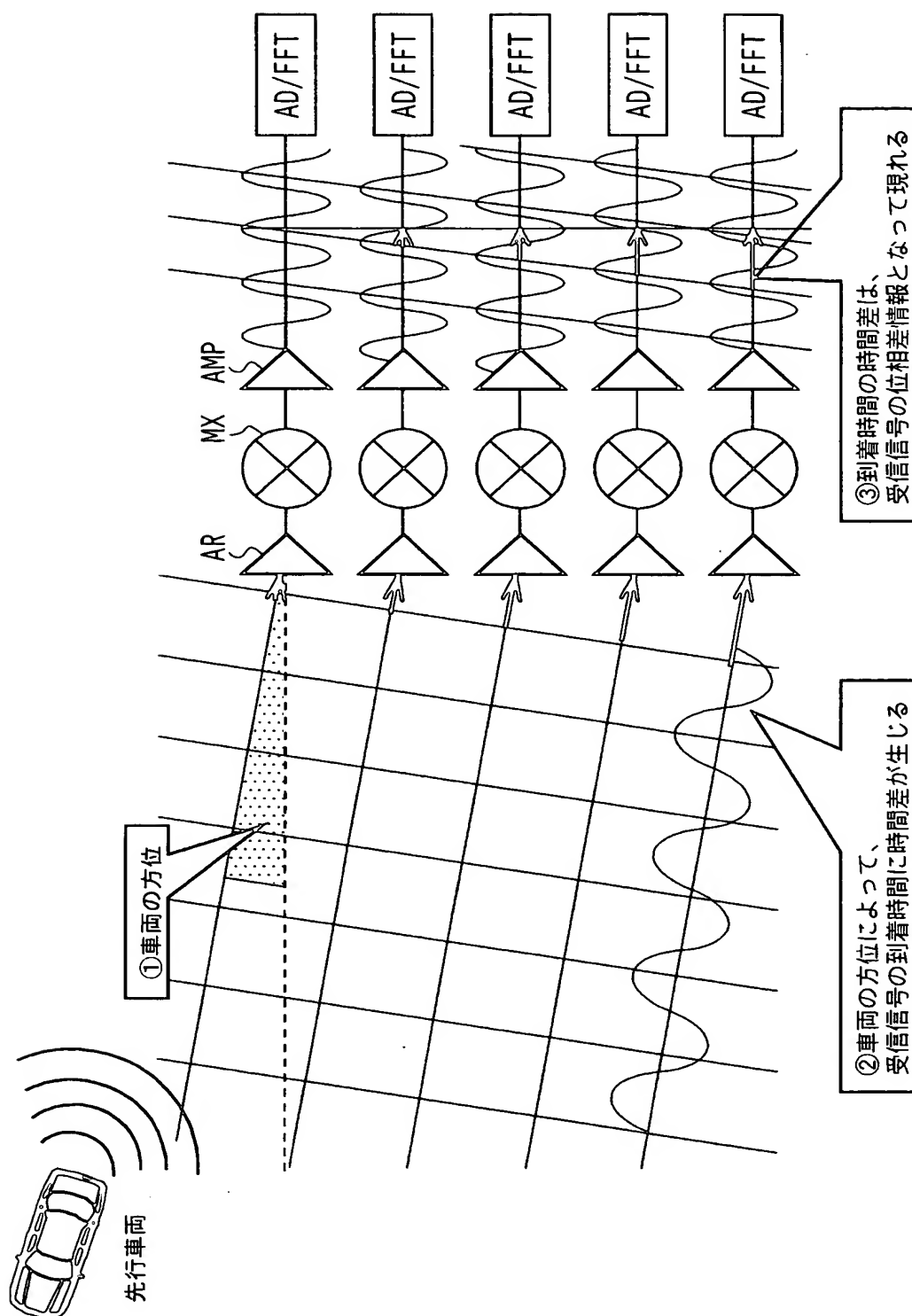
【図 2】



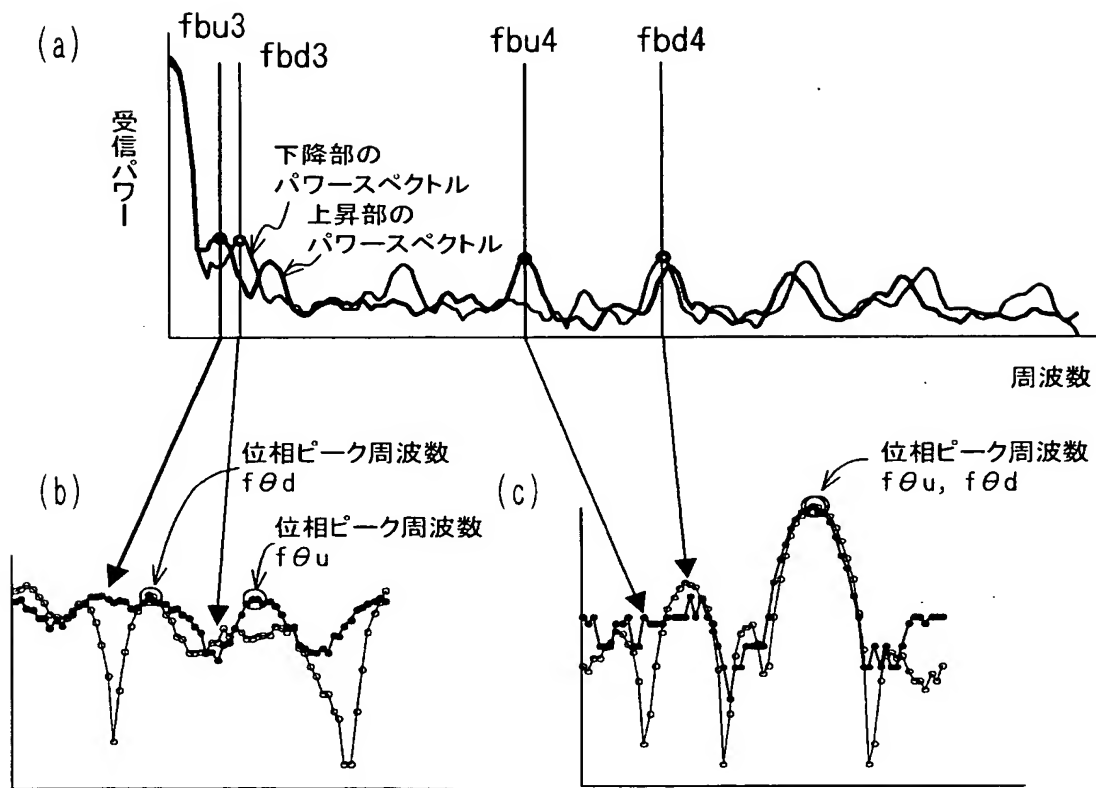
【図 3】



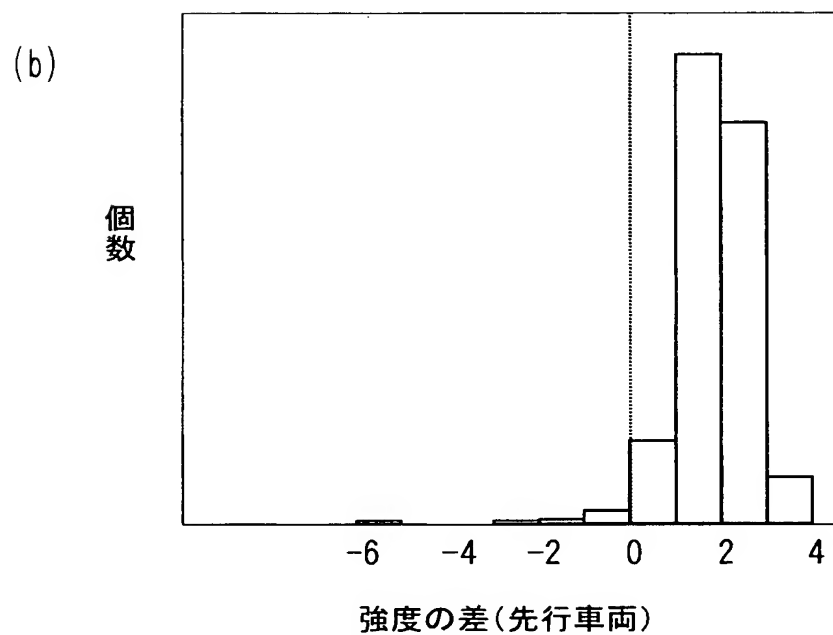
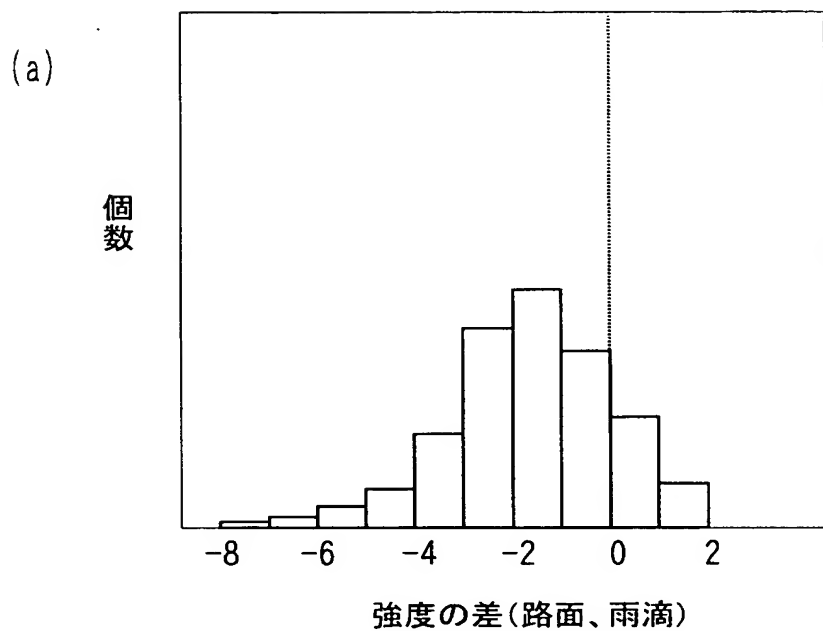
【図 4】



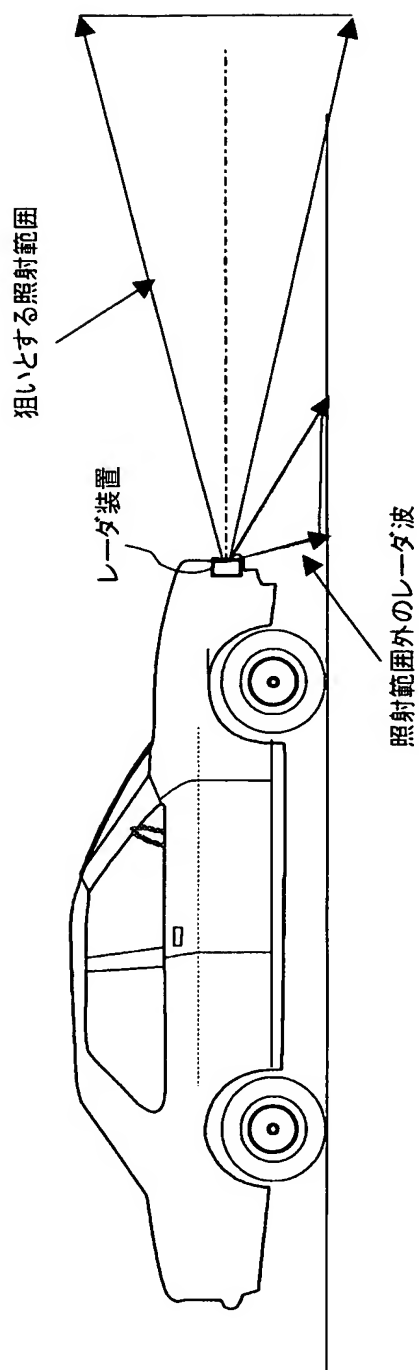
【図 5】



【図 6】

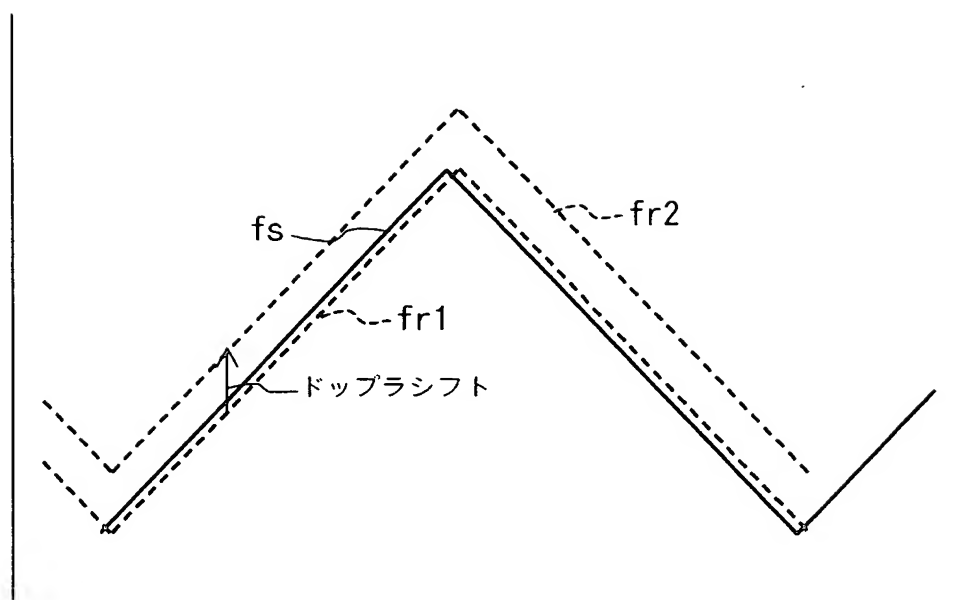


【図 8】



【図 9】

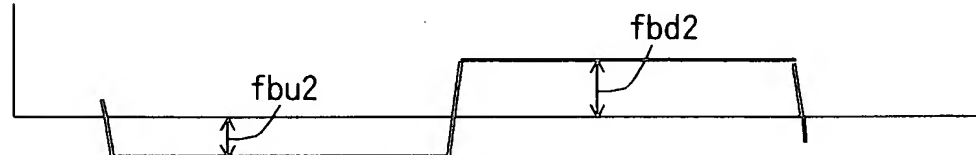
(a)



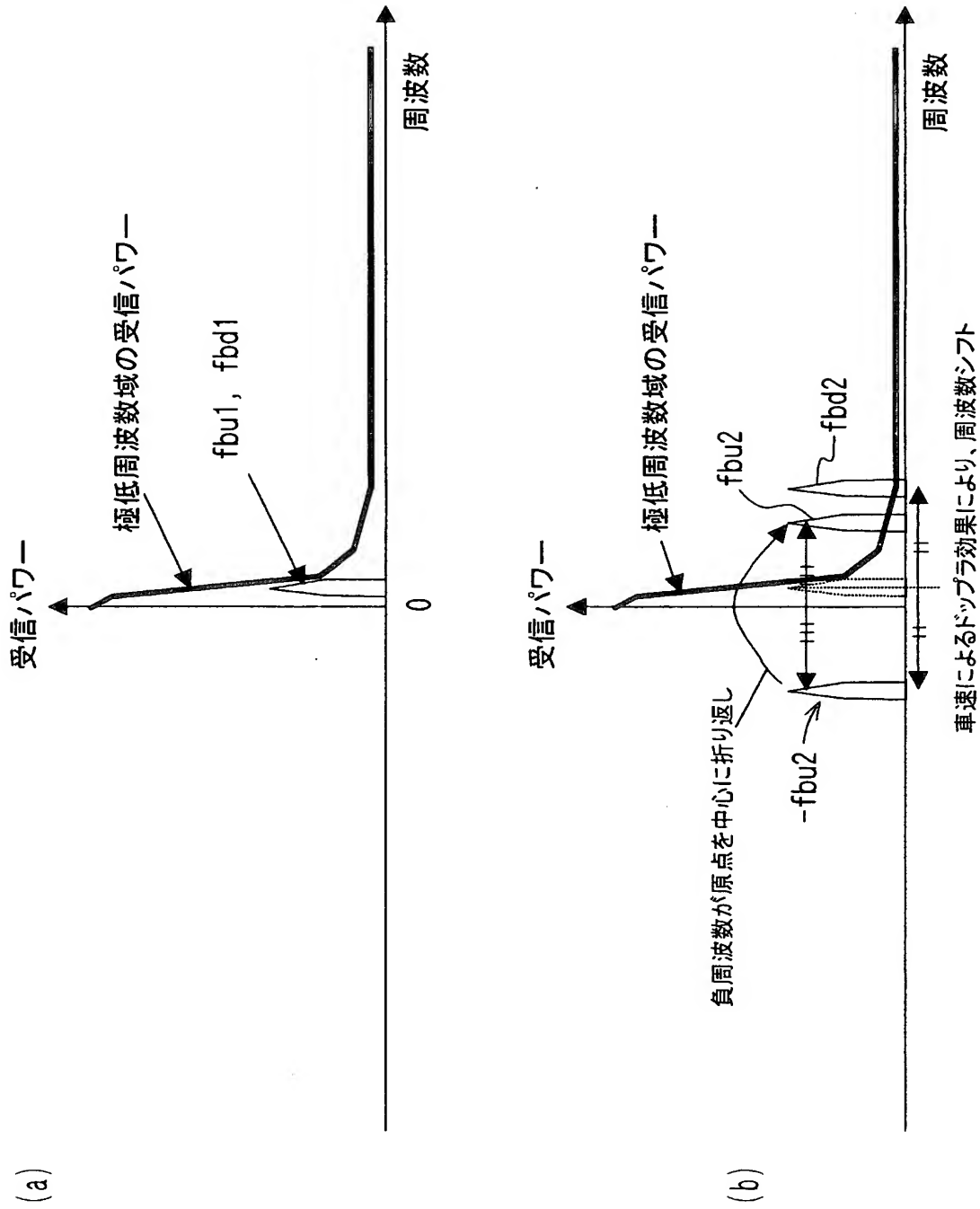
(b)



(c)

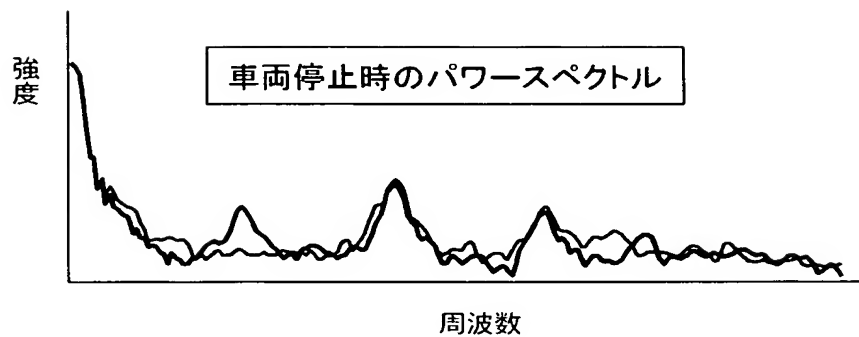


【図 10】

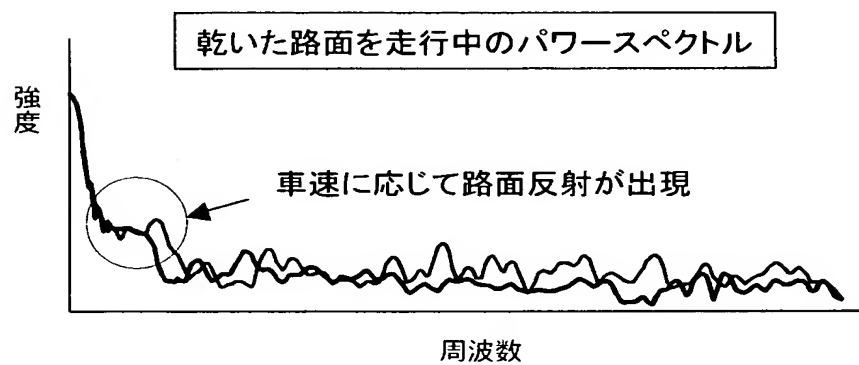


【図 11】

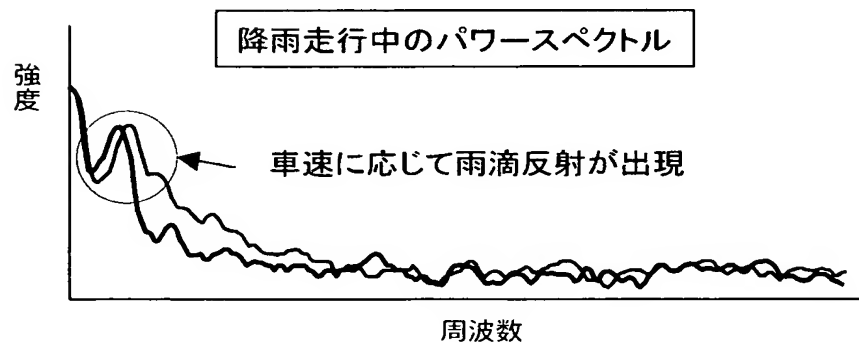
(a)



(b)



(c)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 至近距離路面や雨滴からの反射波のみを確実に判別することが可能な車両用レーダ装置を提供すること。

【解決手段】 複数の受信アンテナ $AR1 \sim AR9$ が受信する複数の受信信号 $f_{r1} \sim f_{r9}$ と送信信号 f_s との周波数の差に相当するビート信号 $B1 \sim B9$ のピーク周波数 f_{bu} 、 f_{bd} を抽出し、そのピーク周波数 f_{bu} 、 f_{bd} における各ビート信号 $B1 \sim B9$ の位相差を周波数信号に変換する。このとき、至近距離路面や雨滴によって反射された反射波の場合、各ビート信号の位相差は不規則であり、変換された周波数信号における周波数のピーク強度は低下する。そのため、変換された周波数信号のピーク周波数の強度を、上昇部、下降部ピーク周波数 f_{bu} 、 f_{bd} を基準とする所定の強度と比較し、所定の強度以下である場合には、至近距離路面もしくは雨滴による反射であると判定する。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 0 2 4 6 1 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 6 0]

1 . 変 更 年 月 日

1 9 9 6 年 1 0 月 8 日

[変 更 理 由]

名 称 変 更

住 所

愛 知 県 刈 谷 市 昭 和 町 1 丁 目 1 番 地

氏 名

株 式 会 社 デ ン ソ ー